2

TENTAMEN PHYSIOLOGICUM
INAUGURALE,
DE
RESPIRATIONE.

QUOD,

ANNUENTE SUMMO NUMINE,

Ex Auctoritate Reverendi admodum Viri,

D. GULIELMI ROBERTSON, S. S. T. P.

ACADEMIÆ EDINBURGENÆ Praefecti;

NEC NON

Amplissimi SENATUS ACADEMICI Consensu,

Et nobilissimae FACULTATIS MEDICÆ Decreto;

PRO GRADU DOCTORIS,

SUMMISQUE IN MEDICINA HONORIBUS AC PRIVILEGIIS RITE ET LEGITIME CONSEQUENDIS;

Eruditorum examini subjicit

ROBERTUS MENZIES,

SCOTUS,

Soc. Reg. Med. Edin. Sod.

Εγω δε τι βυλομαι; καταμαθειν την Φυσιν, και ταυτῃ επεσθαι.

EPICTET.

Ad diem 13. Septembris, hora locoque solitis.

EDINBURGI:

CUM PRIVILEGIO,

TYPIS GUL. CREECH.

M DCC XC.

VIRO ILLUSTRISSIMO,

JOSEPHO BLACK, M. D.

CHEMIAE IN ACADEMIA EDINENSI PROFESSORI,

MEDICO REGIO APUD SCOTOS PRIMARIO,

ETC. ETC. ETC.

ROBERTUS MENZIES

S. P. D.

NON diu, vir ingeniosissime, potui dubitare, cui hoc opusculum philosophicum deberet consecrari, cum mecum reputabam, quanti tua inventa numerosa momenti sint, in quibus causa caloris animalis vera eminet, quae, ante viginti annos, aciem mentis tuae perspicacis fugere non potuit. Haec famam tuam, per totum terrarum orbem, jam merito diffuderunt, et ut pro patre chemiae hodiernae, jure optimo, habearis faciunt.

Cur vero hoc faciam, alia praeterea, non pauca, in causa sunt, summus fructus a praelectionibus tuis, publice traditis, perceptus, amicitia in me, multis in rebus demonstrata, humanitas tua, moresque amabiles, quae nunquam e memoria mihi excident, dum vita frui dabitur. Vale.

Edinburgi, 6to Idus Septembris,
anno salutis humanae 1790, dabam.

C O N T E N T A.

In cognitionis et ſcientiae ſtudio, duo vitia vitanda ſunt. Unum, ne incognita pro cognitis habeamus, hiſque temere aſſentiamus. Quod vitium effugere qui volet, (omnes autem velle debent) adhibebit ad conſiderandas res et tempus, et diligentiam. Alterum eſt vitium, quod quidam nimis magnum ſtudium, multamque operam in res obſcuras atque difficiles conferunt, eaſdemque non neceſſarias. Quibus vitiis declinatis, quod in rebus honeſtis, et cognitione dignis, operae curaeque ponetur, id jure laudabitur.

Cicero de Offic. lib. i. cap. 6.

TENTAMEN PHYSIOLOGICUM INAUGURALE, DE *RESPIRATIONE.*

RESPIRATIO autem eſt functio vitae tam neceſſaria, totque conſiliis, in oeconomia animali, utiliſſimis inſervit; ut quodlibet, ad lumen etiam minimum ei offundendum conferre valens, medicorum attentione digniſſimum ſit; et me, quod eam, ut argumentum Diſſertationis Inauguralis, ſelegerim, ſatis excuſatum, uti opinor, debeat habere.

Omnia tamen eam ſpectantia exequi, quod limites opuſculo hujuſcemodi conſuetudine quotidiana praeſcripti non paterentur, minime mecum decrevi; ſed animum potiſſimum ad quan-

titatem aëris, quae vulgo ab homine adulto refpiratur, inveftigandam, et ad refpirationem, ut fontem praecipuum, unde calor proficifcatur animalis, confiderandam adjungere; argumenta, quae nuper multum fuerunt agitata, quaeque virorum, qui fummam in re medica et philofophia claritudinem fibi funt adepti, attentionem in fefe converterunt.

In his autem contemplandis, nihil rebus in ullis, quae nondum ex toto firmari et ftabiliri videntur, fiduciae collocabimus; et, quantum fieri poteft, ne ullam theoriam, utcunque fpeciofa fit, recipiamus, eave a veritate, qua nihil philofopho antiquius effe debet, detorqueamur cavebimus.

SECTIO I.

Per refpirationem fignificatur ea actio, qua aëris quantitas, auctu thoracis et diminutione alternis, in pulmones admittitur, et ex iifdem

rurfus

rurfus expellitur. Harum actionum autem prior infpiratio, pofterior expiratio appellatur.

Infpiratio potiffimum actione mufculorum intercoftalium, et fepti tranfverfi perficitur; namque utriufque mufculorum intercoftalium feriei actione coftae et fternum elevantur, extrorfumque truduntur; quod diaphragmatis contractioni adjunctum, ut cavum thoracis ab omni parte adaugeatur, facit. Ita pulmones, qui coftis et diaphragmati arcte applicantur, et motus eorundem paffive fequuntur, diftenduntur, et aër externus per tracheam, quo aequilibrium, quod aliter amitteretur, confervet, in eos irruit.

Inter expirandum, omnes mufculi in infpirando adhibiti relaxantur, cartilagines coftarum et mediaftinum, elatere fibi proprio, fitui, quem prius tenuerunt, femet reftituere conantur; unde coftae deprimuntur, diaphragma relaxatum furfum truditur, et thorax iterum ab omni parte diminuitur. Haec autem in caufa funt, cur pars aëris, quem pulmones comprehendunt, quo locus portionis recentis admiffioni paretur, expellatur,

pellatur. Infuper, expirationem aliqua ex parte adjuvat mufculorum abdominalium contractio, et pulmonum ipforum quoque forfitan proprius elater, qui e corpore exempti vim, ut diftenfi teneantur, non parvam requirunt.

Hifce rationibus motus refpirationis alterni a primo, quo in lucem fufcipimur, momento ad vitam extremam ufque, conftanter perficiuntur. Et, ob confilia perquam utilia, ut vocis formationem, ftercoris et urinae expulfionem, foetus exclufionem, &c. haec actio, quanquam non ex toto, magna ex parte tamen, imperio voluntatis paret; et, cum neceffarium eft, omnium aliorum mufculorum valentium coftis adnexorum actione adjuvatur.

Hoc modo quidem refpiratio plerumque peragitur. Quantum vero ad theorias diverfas, quae ortum ejus protinus a partu, et caufam motuum alternorum exponunt, attinet, eas filentio praeterire decrevimus. Nec in morem auctorum numeroforum et ingenioforum, qui haec

executi

executi ſunt *, ea per principia mechanica vel talia illuſtrare conabimur. Caeterum hoc Monroio jure celeberrimo aſſentiamur oportet, " ea " ab agente ſapiente, cujus naturam prorſus " ignoramus, recta adminiſtrari et regi †."

Licet vero ſtudium cauſarum poteſtatum primariarum per ſe ex toto abſurdum ſit, et licet origo et fons omnium motuum primariorum captum noſtrum longe ſuperent, et igitur nulla ex parte intelligi queant; leges tamen actionis eorum per experimenta inveſtigari, et ad multum ſcientiae utilis mortalibus comparandum conferre poſſunt.

Ita quanquam cauſam motuum cordis et pulmonum primariam intelligere numquam valebimus; omnis tamen res vera aliquid legibus, quibus gubernantur, luminis offundens, attentionem noſtram ſummam meretur. Hujuſcemodi, judicio noſtro, eſt quantitatem aëris, quae vulgo, ſanitate ſubſtante, reſpiratur, exquiſitam comperire. Quanquam hoc, primo intuitu, leve

et

* Boerhavii, Martini, Whytii, Halleri, &c.

† Nervous Syſtem, p. 101.

et nugatorium eſſe videatur; ſi tamen nobiſcum reputabimus, quam arcte cum theoriis reſpirationis diverſis, ſanguinis per pulmones tranſitus, caloris animalis generationis, et cum morborum curatione, a notitia illorum pendente, conjungatur, cura et attentione noſtra digniſſimum, uti ſperamus, eſſe cenſebitur.

Quantum aëris vulgo inſpiretur, vel quantum thorax poſt inſpirationem communem et ordinariam dilatetur, a ſeculo ſuperiore medio, ad tempus praeſens uſque inveſtigare conati ſunt phyſiologi. Et auctor etiam nuperus hac in re verum attigiſſe minime videtur *. Cum multa experimenta hoc comperiendi fuerint inſtituta, cumque multum de eo fuerit conſcriptum; pleraque e diverſis periculis, ad quae auctores varii decucurrerunt, faciendi modum eorundemque exitum, quam pauciſſimis, referre conabimur.

Experimentum, cujus mentionem primum faciemus, eſt id, quod, circa mediam centuriam

annorum

* Cl. Goodwyn de Morbo Morteque Submerſorum.

annorum ſuperiorem, inſtituit Borellus *. Per tubum vitreum, cujus capacitas nota fuit, quaeque bullulas quaſdam ſaponaceas in altero fine habebat, inſpirans, quantitatem aëris per unam inſpirationem inhalati, quindecim digitos aut circiter cubicos adaequare comperit; et in parte operis ſui poſteriore eandem digitos cubicos octodecim inter et viginti intercedere ponit.

Huic experimento vero, praeter frictionem aliaſque cauſas, quae id parum accuratum reddunt, hoc, quod unius inſpirationis tantum menſura eſt, objici poſſe evidens et manifeſtum eſt. Etenim reſpiratio functio eſt, quae voluntati tantopere obedit, ut minimum fiduciae in menſura unius inſpirationis debeat collocari.

Proximus auctor, de quo meminerimus, qui ſe ad hoc argumentum conſiderandum admovit, eſt vir clarus Jurinus, qui tam prope ad veritatem acceſſiſſe videtur, ut experimentum ejus verbis ſuis depingere pretium eſſe ducamus. "Aë-
" ris quantitatem mediocri expiratione emiſſam
" vir

* Borellus de motu animal. p. 119 et 133.

" vir clariſſimus Alphonſus Borellus, facto expe-
" rimento, 18 circiter, vel viginti unciis cubicis
" definit. Eſt autem diverſa, non ſolum in di-
" verſis hominibus, ſed etiam diverſis tempori-
" bus in homine eodem. Ipſe experimentum,
" in hunc modum, inſtitui. Veſicae madefac-
" tae a parte inferiore pondus appendebam, et
" aptato eidem ſuperius tubo vitreo diametro
" circiter unciali, naribus obturatis, aërem veſi-
" cae leniter inſpirabam, per ſpatium trium mi-
" nutorum ſecundorum, pondere interim in
" menſa quieſcente. Poſtea veſicam, cum aëre
" incluſo et pondere appenſo, ſub aquam in va-
" ſe cylindrico contentam, demergebam. No-
" tata diligenter altitudine, ad quam aqua at-
" tollebatur. Deinde aëre e veſica expreſſo,
" eandem cum pondere in aquam immittebam.
" Quod cum eſſet factum, facile inveniebatur
" aquae moles, quae vaſi infuſa altitudinem pri-
" us notatam conficeret. Experimento decies
" repetito, et additis ſibi invicem quantitatibus
" ſingulis inventis, earum decima, ſive media

" moles

" moles aquae, vaſi infuſa, reperiebatur 35 un-
" ciis cubicis aequalis. Quae moles eſt aëris ve-
" ſica contenti; et adjecta circiter parte duo-
" decima, ſeu 3 unciis cubicis, ob aëris conden-
" ſationem a frigore aquae factam, cum tempeſ-
" tas fuerit hyemalis, efficiuntur 38 unciae cu-
" bicae. Praeterea addendum eſt tantillum, tum
" propter aquae preſſionem in veſicam, tum
" ob vaporem, qui cum halitu immittitur in hu-
" morem coactum; quod fiat neceſſe eſt, ex fri-
" gore aquae, et veſicae madidae contactu.
" Æſtimavi igitur aëris copiam, leni expiratio-
" ne emiſſam tempore trium minutorum ſecun-
" dorum, numero rotundo 40 unciarum cubica-
" rum. In expiratione validiſſima expirabam un-
" cias cubicas 125 tempore minuti ſecundi uni-
" us. Hujuſmodi autem expiratione, cum ve-
" hementi pulmonis contentione ad ſtrangula-
" tum fere continuata, 220 uncias cubicas ex
" pectore immittebam. Unde patet, ut id obi-
" ter moneam, multo plus aëris in pectore ſu-
" pereſſe, quam unica expiratione mediocri e-
" mitti *."

* Motte's Abridgement of Philoſ. Tranſact. v. i. p. 415.

Ita experimentum modo relatum, decies repetitum, clare monſtrat, quantitatem aëris, quae vulgo e pulmonibus emittatur, digitos quadraginta cubicos adaequare. Quinetiam in hac ſupputatione eum ſubſequuntur Haleſius accuratus, Hallerus, et Sauvageſius, qui veritatem hujuſce exitus per varia experimenta et computationes firmare videntur. Cum vero haec ratio nihil aliud quam unam reſpirationem metiatur, eadem huic, ac priori, objici poſſe neminem poteſt latere.

Qui proxime hanc rem illuſtrare conatus eſt, is fuit vir admodum ingenioſus Doctor Goodwyn. Quantum vero ad quantitatem, quam alii auctores, qui rem ad calculum vocaverant, et experimentis illuſtrarant, juſtam eſſe contenderant, ſpectat, is ab ea longe deflectit; et in errorem, quod experimenta ſua non ſatis varianda curaverat, inductus eſſe videtur. Cum vero, ratio, qua uſus fuerit, ſi eam leviter intuearis, accuratiſſima eſſe videatur, mentionem ejus quoque ſuis verbis injiciemus. "Nunc noſtrum eſt eam

"quantitatem

" quantitatem aëris aeſtimare, quae, more ſolito,
" reſpirando, ad pulmones accedit. Quod ſatis
" accurate fieri poteſt, ſi ex quodam vaſe aëre
" pleno, cum altero vaſe aqua repleto, per ca-
" nalem coaptato, ſpiritum trahere tentamus;
" ita, ut volumen quoddam aquae, omnino idem
" cum volumine aëris reſpirati, ipſius in locum,
" poſt ſingulam reſpirationem, ſubire poſſit, et
" eum omnino occupare : oportet enim, ut volu-
" men aquae, quod aëri reſpirato fuerat ſubſti-
" tutum, juſtum aëris volumen in reſpirando
" abſumpti exhibeat.

" Hoc conſilio machinam quandam *A B C D*
" *G*, Fig. 1. excogitavi, cujus vas *D* (quod *Pneu-*
" *maticum* voco) plus quam centum cubicos
" pollices aëris capere poſſet. Tubulus *a b c* in
" aqua demergitur ; dum tubulus *E* in os reci-
" pitur ad reſpirandum aëra in vas incluſum.
" Quum autem vas illud librae *A B* unius lancis
" vice appenditur ; ſi, his compoſitis, mergatur
" tubulus *a b c* in vas *G* aqua repletum, dum a-
" liquis per tubulum *E* ſpiritum, more ſolito, tra-

" here

" here tentat; tunc volumen quoddam aquae,
" omnino idem cum volumine aëris respirati, in
" ipsius locum sufficietur. Porro, hujus volu-
" minis aquae proprium pondus, ope alterius lan-
" cis *C* exhibebitur, et, ratione inita, proveni-
" et numerus pollicum cubicorum aquae, quae,
" inter respirandum, vas pneumaticum ingressa
" erat; verum enimvero numerus pollicum cu-
" bicorum aquae in vas pneumaticum delapsae
" idem erit, ac numerus cubicorum pollicum a-
" ëris respirati." * * *

" Vir adultus mediocri statura, et integra va-
" letudine, e vase pneumatico naturaliter, quan-
" tum potuit, respiravit.

" Prima vice pollices cubicos -	3	eduxit.
" Altera vice autem - - -	2½	

" Alter vir ejusdem circiter staturae, et in iis-
" dem conditionibus collocatus, e vase respirare
" tentavit.

" Primo spiritu pol. cub. -	3⅕	eduxit."
" Secundo autem - -	2¾	

Cum vero discrimen, quod inter exitum ho-
rum

rum periculorum intereſſet, ab attentione animi proficiſci poſſe ſuſpicaretur, experimentum modo ſequente variavit. " Vir idem tricies uno te-
" nore, totidem alternantibus expirationibus, e
" vaſe pneumatico eodem modo, quem jam re-
" tulimus, reſpiravit; et, inita ratione, reperi-
" mus, mediam et communem aëris quantita-
" tem uniuſcujuſque reſpirationis eſſe cubicorum
" pollicum $2\frac{3}{4}$.

" Eodem experimento ſumma cura reiterato,
" media quantitas ſingulae reſpirationis fuit cub.
" poll. 3.

" Alter vir, ejuſdem ſtaturae eodem modo e
" vaſe tricies reſpiravit, et media quantitas pro
" ſingula reſpiratione cub. poll. $3\frac{1}{4}$ retulit. Ex
" his ſequitur, maximam aëris quantitatem, a
" pulmonibus receptam, ſingulis naturae reſpira-
" tionibus, non $3\frac{1}{3}$ cub. poll. ſuperare; quae
" quantitas profecto longe minor eſt ea, quam
" Jurini et Haleſii aeſtimationes dederunt."

In diſſertatione vero poſteriore ab eodem auctore in vulgus edita memoriae proditur, ſenſum

ſum anxietatis in pectore prius fuiſſe perceptum, quam numerus inſpirationum definitus ad finem fuit perductus; et, ore a tubo abducto, profunde inſpirare fuiſſe neceſſe. Quae oſtendere videbantur, quantitatem aëris in pulmones e machina inſpirati conſiliis reſpirationis non ſuffeciſſe. Hunc defectum autem imitationi conaminis naturalis, dum aër e machina eliciebatur, tribuit; quod reniſum, quem aqua contra gravitatem ſuam aſcendens faciebat, ſuperare non valuit.

Cum conamen, ſub aëre aperto, non inſpirationis e machina ordinariae dederit menſuram, ad ſenſum in pulmonibus decurrere fuit neceſſe; quo quantitas inhalata plurimum fuit adaucta, ut e ſequente experimento evidentiſſime conſtat. "Three perſons of ordinary ſtature inſpired "from the pneumatic veſſel thirty times ſucceſ-"ſively, and took in as much air at each time, "as the ſenſations in the breaſt ſeemed to re-"quire. The average quantity of air taken in-"to the lungs at a ſingle inſpiration,

"By

"By the firſt, was 12 cubic inches.
"By the ſecond, 14
"By the third, 11 *."

Ita Doctor Goodwyn quantitatem inſpiratam digitos cubicos duodecim adaequare, quae, propter calorem pulmoneum, ad 14 adaugetur, concludit; et, cum quantitas aëris in pulmonibus, poſt expirationem ordinariam, comprehenſi, digitos cubicos 109 attingat, eandem rationem inter dilatationem pulmonum, ante et poſt inſpirationem communem et ſanam, quae 109 inter et 123, intercedere ponit.

Quanquam vero Doctor Goodwyn nonnullis e cauſis, quae haec experimenta minus accurata reddiderint, ſummo candore monſtraverit; aliae tamen ſunt, quae exitus in periculis, quae facta fuerunt, diverſis, potiſſimum in ſerie experimentorum prima et poſtrema, varios, et deſcrimen, quod quantitatem, pro hac ratione, inſpiratam inter et illam, quae pro Juriniana, inhalatur, intereſt, mirabile exponunt. Namque praeterquam

* Goodwyn on the connexion of life with reſpiration.

praeterquam quod a columna aquae ad perpendiculum elevata obſiſtitur, et attentio animi ad id, quod peragitur, conamen praeter conſuetudinem magnum faciendo, neceſſario convertitur; manifeſtum eſt, cum ſpatium temporis, quod ut aqua ex uno vaſe in alterum efluat requiritur, a tempore inſpirationis communis non longe differat, aëra in vaſe pneumatico, *D*. fig. I. aliqua ex parte expandi oportere, et igitur momento, quo os a tubo *E* removetur, vel expiratio incidit, aërem externum, quo aequilibrium reſtituat, irrupturum, et columnam aquæ in tubo *a b c* eſſe repulſurum, etiam antequam quantitas aquae juſta in vas *D* influxit. Columna autem, ſi tubus ſit latus, quantitate bene larga ſit; et, ſi anguſtus, reniſus, et tempus, quod aquae ex uno vaſe in alterum fluxui neceſſarium eſt, errorem etiamnum magis adaugeant oportet.

His tamen, quae experimentis modo comprehenſis objecimus, magna ex parte occurrerent uſus valvularum, et aqua in utroque vaſe ad eandem fere altitudinem conſervata. In experi-

mentis

mentis vero diverſis, quae hunc in modum inſtituimus, quod haud dubie omnibus, qui ea diligenter reiterabunt, clare conſtabit, ſemper ſumus comperti, nihil fiduciae, ob multas erroris cauſas in hac ratione, ut prorſus accurata, poſſe collocari; licet interdum, ſi nonnullae earum rite attendantur, ad verum aliqua ex parte poſſit accedi. Lubenter autem confiteamur oportet, nos de hac ratione, ut parum accurata, nunquam forſitan dubitaturos fuiſſe; niſi ad hoc caſu primum, magna ex parte, fuiſſemus deducti.

SECT. II.

Cum, ante aliquod tempus, nonnullas allantoides, quo eas aëre inflammabili replerem, comparaſſem, et eas aëre e pulmonibus propriis exhalato, ob aliquam cauſam, inflaſſem, notionem mente concipere incepi, me, id, quod una ex iis continebatur, comperiendo, et per tubum bene latum, valvulis amplis et mobilibus inſtructum,

in eam, dum refpirabam, aërem impellendo exve eadem extrahendo, quantitatem aëris, quae vulgo refpiratur, accuratiffime metiri poffe ; quoniam, ob molem allantoidis grandem, e magno refpirationum numero medius fumi, et, propter tenuitatem ejus mirandam, aër in ea repleta nunquam multum condenfari, potuit.

EXPERIMENT. I.

Cum id, quod allantois *D* comprehendere poffet, duabus rationibus, quantitatem aquae per aëra, quem continebat, e loco fuo expulfam ftatuendo, et diametrum, vel aream mediam, menfura faepe et accurate adhibita, fumendo, 2400 digitos cubicos propemodum exaequare comperiffem ; et ei machinam *A B C*, ut in figura 2da 3tiaque depingitur, e duobus tubis bene amplis, ad rectos angulos conjunctis, conftantem, et valvulis, ad *d* et *c*, ita ut aër, in quodlibet temporis fpatium, fine ullo omnino renifu, vel ullo moleftiae fenfu, ad *C* infpirari, et ad *A* expelli

li poſſet, collocatis, inſtructam affixiſſem; tubi etenim non tantum ampli, ſed valvulae adeo tenues fuerunt, ut minima vi poſſent moveri, e parte allantoidis confectae; expirare coepi, nec os a tubo abducens, donec allantois impleta fuiſſet; nec interea narium compreſſionem neglectui habens. Allantois autem, compluribus periculis factis, circiter quinquaginta ſex expirationibus, facilitate naturali, et quantum fieri potuit, modo naturali peractis, impleri reperta eſt. Ita ſi 2400 per 56 divides, 42.8 digitos cubicos, ut quantitatem aëris, quae vulgo expiratur, habebis.

Inſuper allantois *E* aëre atmoſpherico, machina ei per finem *C* adnexa, impleta eſt, et quantitas inſpirata fere eadem eſſe reperta eſt.

Hoc experimentum, et cum eodem fere exitu, reiterarunt complures, mediam ſtaturam aut circiter habentes. Diſcrimen unum duoſve digitos cubicos raro exceſſit. *

Prius

* Namque aëris moles, pro gradu caloris vel preſſurae, cui ſubjiciatur, ſemper adaugeatur, vel diminuatur oportet.

Prius vero ſemper fuit neceſſarium curam agere, ut valvulae rite agerent, et ut homo per machinam *A B C* facile ſpiraret, quam allantoidi fuit affixa.

Summum diſcrimen inter eventum horum et experimentorum Doctoris Goodwyn admirans, periculum rationis ejus rurſus feci, duo vaſa ampla lata, circa medium, per tubum valvulis talibus inſtructum, inter ſeſe communicantia, quales aquam tantum in vas, e quo inſpirabam, influere patiebantur, adhibens. Et quo numerus inſpirationum non modicus, ore non ſublato, perficeretur, et quo aër externus ingredi prohiberetur, machina *A B C*, in figura 2da 3tiaque delineata, in locum tubi *E* ſufficiebatur. Ob magnitudinem vaſorum columna perpendicularis parum variabat. Huic quidem occurrebat aqua in vas apertum aliquoties infuſa, ut aqua in utroque vaſe ad eandem fere altitudinem conſervaretur. Vas, e quo inſpirabatur, in libra ampla, ſed accuratiſſima, fuit ſuſpenſum; ſed eventus omnium periculorum, et a me, et a compluribus amicis factorum

factorum, adeo diversus fuit, discrimine modo quatuor, modo decem, modo viginti etiam digitos cubicos explente, et conamen, quod ad sensum anxietatis in pectore praecavendum requirebatur, adeo magnum, ut ego et illi, quin illis pericula ope allantoidis facta longe deberent anteferri, ambigere non potuerimus.

Cum vero huic rationi etiamnum objici posset, quod attentio animi ad id, quod fiebat, aliqua ex parte converti semper periclitabatur, quodque eandem aëris quantitatem allantoide perpetuo contineri comperire difficile erat, experimentum aliquo modo variandum putavi; qui vel aliquem errorem, qui incidere potuisset, ostenderet, vel exitum firmaret. Ratio autem cui minimum objici posset, ea, quam Boerhaavius proposuerit *, cujusque nemo, quantum noverim, periculum accuratum adhuc fecerit, esse visa est; hominem nempe in aquam mento tenus immergere, et ex ejus ascensione et descensione quantitatem aëris in pulmones immissi metiri.

Cum

* Boerhaavii praelect. vol. 5. p. 60.

Cum vero necesse sit, ut homo adeo figatur, ut non ejus opis sit aliquam corporis partem supra aquam summam elevare; et ut superficies hujus diminuatur, quo ascensus ejus et descensus major et notatu facilior reddatur; manifestum et evidens est, si homo in dolium *A B C D*, ut in figura 4ta repraesentatur, aperturam in summa parte adeo amplam, ut caput ejus per id transjici possit, habens, firmiter fuerit inclusus, et vas cylindricum *E F*, ad mentum ejus usque ascendens, ei accurate fuerit accommodatum, eum ex toto stabilem redditum iri, et, dolio collo ejus tenus aqua repleto, quantitatem aquae, aëri respirato mole aequalem, in vase *E F*, alternis vicibus, esse ascensuram et descensuram. Si haec quantitas autem, descensum et ascensum, per aream vasis cylindrici, area colli minoris, multiplicando, accurate statuatur; vel si aqua inter notas *a a* et *b b* eximatur et ponderetur, mensuram respirationis communis dabit. Et insuper, cum homo in aqua tepida, sine ullo incommodo, aliquot horas manere possit, non tantum tempus

tempus aſcenſionem et deſcenſionem accurate notandi comparabitur, ſed omnes errores, qui ab animi attentione ad id, quod peragitur, converſa oriri poſſunt, ex toto tollentur. Hoc modo experimentum ſubſequens fuit inſtitutum.

EXPERIMENT. II.

HOMO ſanus et valens, pedes quinque digitoſque octo procerus, circuitu thoracis tres pedes treſque digitos explens, in dolium *A B C D*, uti in figura 4ta delineatur, arcte incluſus eſt, quod aqua gradum thermometri Fahrenheiteani nonageſimum temperie adaequante repletum eſt, donec ad eam colli, quae ad aſcenſionem et deſcenſionem metiendam maxime accommodabatur, partem aſcendit. Haec autem ex digitis 1.25 attingere notata eſt. Pulſus arteriarum, et ante et poſtquam immerſus eſt, 64 aut 65, et reſpirationes 14 vel 14½, ut frequenter ante fuerat notatum, ſingulis minutis, fuerunt. Et omnino eadem duas horas et amplius manſerunt, per quod

quod ſpatium in dolio moratus eſt, ne minimam quidem moleſtiam in ſpiritu trahendo vel emittendo, vel in re qualibet alia, ſentiens. Quinetiam, per omne id tempus aſcenſio et deſcenſio digitum unum parteſque ejus viginti quinque centeſimas, ad minimum, adaequare conſtanter reperta. Inſpiratione vero profunda facta, tantum aëris in pulmones irruit, quantum ut aqua vaſis cylindrici labra tranſgrederetur fecit. Cum area vaſis cylindrici fuerit 55.41 digiti quadrati, et area colli 18; $55.41-18\times1.25=46.76$ digitos cubicos, ut quantitatem, quae ab hoc viro reſpirari ſolebat, aëris habemus. Idem experimentum cum eodem fere exitu ter repetitum. Ne quis error vero ab aliqua cauſa ortus fuiſſet, reſpirationum ejus per allantoidem periculum facere duxi eſſe neceſſarium.

EXPERIMENT. III.

Idem vir, monitu meo, per machinam *A B C* in figura 2da depictam, in allantoidem *D*, cujus

contenta

contenta variis rationibus 2700 digitos cubicos * aliquantum excedere reperta ſunt, inſpiravit, et, compluribus periculis factis, eam expirationibus quinquaginta octo replevit; quod 46.55 digitos cubicos pro quantitate aëris expirati praebet, quae, mirandum in modum, ad quantitatem priore in experimento repertam accedit. Quoniam vero attentionem meam fugere non poterat, reſpirationes hujuſce viri numquam ullo tempore 14 vel 14½ unoquoque minuto excedere †, probabile videbatur, eum plerumque plus aëris, quam alios ejuſdem ſtaturae homines, in ſingulis inſpirationibus et communibus et ordi-

D nariis,

* 1mo, Veſica bubula aëre atmoſphaerico impleta, compluribus periculis factis, 370 digitos cubicos aquae e loco expellere reperta eſt, et allantois 7⅓ veſicae aëris continebat; quod 2715 explebat. 2do, Pro menſura, area media 70 digitos quadratos aequabat, longitudo 39. Ita 39 × 70 = 2730. Hujus autem numerus medius = 2722.5.

† In experimento recentiore, numerus reſpirationum, ſingulis minutis, ejuſdem hominis 16 aequabat; quantitas tamen reſpirata fere eadem erat, nempe 46.72.

nariis, inſpiraſſe. Quo hoc ſtatuerem, et quantitatem, quae vulgo inſpirabatur, mediam comperirem, ut reſpirationes viri, exigua ſtatura praediti, menſurae ſubjicerentur fuit neceſſarium.

EXPERIMENT. IV.

Alius vir, tantum quinque pedes unumque digitum procerus, in dolium, ut ante deſcriptum, incluſus, vaſe cylindrico tamen prius mutato. Ictus arteriarum 72, et reſpirationes, ſingulis minutis, 18 fuerunt. Calor aquae octogeſimum quintum inter et nonageſimum thermometri Fahrenheiteani gradum intercedebat. Aſcenſio et deſcenſio, uti longum in tempus notatae ſunt, = 0.95 digiti, ad minimum, explebant. Area vaſis cylindrici in hoc experimento adhibiti = 57.012 digitos, et area colli = 14.0837 efficiebant. Hinc $57.012 - 14.0837 \times 0.95 = 40.781$ digitos cubicos, ut quantitatem aëris vulgo reſpirati, conſtituebant.

Hoc quoque firmabat idem in allantoidem inſpirans,

ſpirans, unde digiti cubici a 38 ad 40 uſque plerumque orti fuerunt. Igitur ſi medium ſecundi quartique experimenti pro regula ſumas, 43.77 cubicos digitos pro media aëris, quae reſpirari ſoleat, quantitate, ut experimenta ope doliorum inſtituta oſtendunt, habebis. Aſcenſus et deſcenſus diligenter attendebantur, et ſigna vaſi cylindrico imprimendo, et nonium *G* in figura quarta delineatum, tubo vitreo lato gradibuſque notato affixum, pro lubitu, adhibendo; qui tamen non aeque, ac ſperari potuit, utilis fuit, ob ſpatium breve, per quod aqua ad notas altiſſimas et infimas ſtationalis manebat. Cum autem ſummae toti, ob attractionem parietes vaſis inter et aquam, ſatis fuerit ſubtractum*, menſurae aſcenſionis et deſcenſionis modo comprehenſae pro bene accuratis haberi poſſunt. Ita ſi aliquid, ob

* Nempe $\frac{1}{20}$, licet enim aſcenſio et deſcenſio aquae in experimento 2do revera =1.3 pol.; et in experimento 4to = 1 pol.; attamen, propter attractionem vaſis parietes inter et aquam, tantum = 1.25 et = 0.95 in calculis ſuprapoſitis aeſtimatae ſunt.

ob aëra calore pulmonum expansum, toti summae demas *, satis certo potest concludi, quantitatem aëris, quae ab adulto, singulis inspirationibus ordinariis, inhalari soleat, 40 digitos cubicos, aut circiter, adaequare.

Doctor Goodwyn posuit, digitos aëris 109 cubicos tantum in pulmonibus, post ordinariam expirationem, superesse, et dilatationem eorum, post expirationem, esse ad dilatationem post inspirationem ordinariam, ut 129 : 123 †. Caeterum notavi, plerosque, virosque praesertim in dolium inclusos, post expirationem ordinariam, digitos aëris septuaginta cubicos e pulmonibus etiamnum expirare posse. Hinc, post expirationem absolutam, 39 digiti cubici in thorace tantum restarunt. Igitur Doctor Goodwyn haud dubie significavit, ut ex alia tentaminis

* Cum autem aër atmosphericus singulis caloris gradibus circiter $\frac{1}{472.5}$ dilatetur ; 40 pol. cub. dummodo 40° *i. e.* a 58° ad 98° calefiant, volumine = 3.38 pol. cub. augebuntur. Namque $\frac{40}{472.5} \times 40° = 43.38$. Ita $43.77 - 3.38 = 40.39$.

† Connexion of life with respiration, p 37.

minis ejus parte manifeste patet *, digitos 109 cubicos, expiratione absoluta facta, superesse. Hi autem 70, qui discrimen expirationem absolutam inter et ordinariam constituunt, additi, quantitatem aëris in pulmonibus, post hanc, 179 digitorum cubicorum absolverent. Sin vero alios 40, dum inspiratur receptos, iis adjeceris, ratio dilatationis pulmonum, ante et post expirationem ordinariam, erit ut 179 : 219; vel thorax quantitate aëris, cubo $3\frac{1}{2}$ digitorum propemodum aequali, augebitur, quae, si tecum, quantus thoracis et abdominis tumor ejus quantitatis aëris in pulmones admissione fiat, consideraveris, non magna esse videtur. Quod discrimen expirationem absolutam inter et inspirationem absolutam interest, id 200 digitos cubicos superare, ut ipse saepe expertus sum, omnes facile concedunt.

* Connexion of life with respiration, p. 46.

SECTIO III.

Ita quanquam pulmones, ante et poſt ordinariam expirationem, multo magis, quam a Doctore Goodwyn fuit poſitum, dilatari videntur; hoc tamen ea, quae theoriae Hallerianae, tranſmiſſionem ſanguinis per pulmones, in ſtatibus reſpirationis diverſis, magis minuſve liberam ſpectanti, objecit, neutiquam infirmat *. Et licet, dilatationem pulmonum, nullum in tranſitum ſanguinis per eos effectum edere, aſſerere non audeamus; ex hiſtoriis tamen morborum, et ab experimentis a Doctore Goodwyn, dum hydrothoracem per artem movebat, inſtitutis, ſanguinem per pulmones multo magis collapſos, quam unquam in reſpiratione naturali incidere poteſt, tranſire evidentiſſime conſtat. Igitur hoc ei, ut verba ſua adhibeamus, aſſentiri minime dubitamus, "That the dilatation of the lungs is "not the final cauſe of reſpiration."

Calor

* Connection of life with reſpiration, p. 40.

CALOR ANIMALIS.

Proximum eſt, ut quatenus aëris quantitas, pro experimentis ſupra comprehenſis, vulgo reſpirata, ad theoriam, calorem nempe animalem per mutationem aëri in pulmonibus illatam progenerari, firmandam conferat; et quatenus quoque ope hujus, quantitas caloris, tempore dato progenita, aeſtimari poſſit, conſideremus.

Calorem animalem in pulmonibus creari, primum, uti credimus, ſeculo ſuperiore, ſed perquam obſcure, innuit Mayow. Ex illo tempore theoriae ſubſequentes invaluerunt, a nonnullis quidem non adhuc ex toto derelictae; eum a frictione per circuitum ſanguinis in vaſis facta proficiſci; a chylo ſanguini admiſto pendere, vel a fermentatione, &c. et aëra ſanguinem potius refrigerare, quam calefacere.

Calorem autem animalem in pulmonibus progenerari, ante annos viginti, admodum probabile

bile reddidit vir jure celeberrimus Dr. Black,* et opinionem ſuam compluribus argumentis valentibus ſuſtinendam curavit; eandem nempe mutationem aëri per reſpirationem, ac per combuſtionem, inferri, quod, in experimento pulcherrimo, aëra utroque modo mutatum, per aquam calcis transjiciendo, demonſtravit; gradum caloris in animalibus quantitati aëris, quam inquinabant, pro rata parte reſpondere; et foetum in utero non prius calorem, quam reſpirare incepit, generare.

Quinetiam idem philoſophus, hydrargyrum et aquam caloris diverſe capacia eſſe notando, et calorem corporum variorum, quatenus ſecum mutuo poſſunt conferri, revera ſtatuendo, doctrinae caloris comparativi fundamenta firma et ſtabilia jecit. Eandem tantum longius proſecuti viri ingenioſi Doctores Irvine* et Crauford. Poſterior a Doctore Black olim traditis adjutus, per experimenta

* M'Clurg de calore, anno 1770. Cl. Rutherford de aëre mephitico, anno 1772. Dugud de caloris animal. cauſa, anno 1775.

rimenta directa, me judice, clare probavit, calorem animalem a mutatione, quam aër in pulmonibus ſubit, proficiſci, qua redditur caloris minus capax, et quantitas igitur caloris ſenſilis expeditur.

Et, pro regula, qua Doctor Irvine, dum infimum caloris, qui exiſtere poteſt, gradum ſtatuere conabatur, uſus eſt, Cl. Crawford calorem, ita generatum pro tanto, quantus aëra ita mutatum calore ferri candentis proprio quater majore afficeret, habet*. Propter vero ſubtilitatem experimentorum ejus ſummam, quatenus generum aëris diverſorum capacitates ſpectant, et propter infimum caloris, qui eſſe poteſt, gradum admodum adhuc incertum, quem ipſe quidem accurate ſtatutum eſſe minime putat †; multi multa doctrinae ejus objecerunt, eamque ex toto repudiandam putarunt.

Sin vero oſtendi poſſit, calorem animalem non tantum in pulmonibus gigni, ſed quantitatem e-

* Crawford on animal heat, p. 357.

† 2d. edit. p. 375.

jus ita generati, modo, qui a theoria qualibet naturam caloris ipſius ſpectante minime pendet, et nulla generum aëris diverſorum capacitatum, vel caloris infimi naturalis comperti, ratione habita, aeſtimari poſſe; hoc tantum aberit, ut experimentis Craufordii ingenioſiſſimi vel fidem vel honorem, quem optime mereantur, deroget, ut contra, pro alia demonſtratione ejuſdem veritatis generalis poſſit haberi.

Primum autem, calorem animalem in pulmonibus ab aëre progigni, admodum probabile ſequentia reddunt, quod ea animalia ſola, quae pulmonibus inſtructa ſunt aëremque reſpirant, ſemet in temperie circumdatorum propriam ſuperante conſervare valent; quodque calor eorum magnitudini pulmonum, et aëris dato tempore inſpirati quantitati, pro rata ratione, reſpondet. Ita volucres, quibus, pro corporum mole, pulmones ampliores ſunt, quaeque majorem aëris quantitatem, quam alia animalia, mutant, ſanguinem calidiſſimum habere reperiuntur. Piſces, contra, amphibia, vel ſanguinem

frigidum,

frigidum, vel majus minusve calidum, pro quantitate, quae ab illis exigitur, aëris habent.

Secundo, calorem animalem a mutatione aëri in pulmonibus illata oriri, apparebit, si ad id, quod in combustione incidit, animum attendemus. Namque in combustione cerae, carbonis, similiumque, quae sine aëre vitali sustineri nequit, aëra atmosphaericum ad flammam vitamque animalem ulterius alendam parum aptum brevi reddi, et partem ejus in aëra fixum verti plane videmus. Idem in respiratione incidit, ut olim vir illustrissimus Doctor Black demonstravit. Quinetiam ulterius ex analysi aëris accuratissima, a viro claro Lavoisier * nuper facta, constat, partes ejus 73 ex *aere phlogistico* vel *azotico*, et partes 27 ex *aere vitali*, vel *gas oxygenio* consistere; et horum posteriorem tantum, vel in combustione, vel in respiratione, mutationem subire. Caeterum, in carbone comburendo quoque ostenditur, hanc partem aëris atmosphaerici totam, in aëra fixum converti posse, et eodem

* Elemens de Chemie.

dem tempore quantitatem caloris minime modicam progigni. Ita in reſpiratione, ubi eadem aëri mutatio infertur, ex analogia ſummo jure concludere liceret, quantitatem caloris aequalem expediri.

Hoc vero analogiae ſoli minime innititur. Namque per experimenta virorum clarorum, Craufordii *, Lavoiſier, et De La Place †, directa fuit probatum, quantitatibus aëris aequalibus, per reſpirationem animalis et combuſtionem carbonis, mutatis, quantitates caloris propemodum aequales generari conſueſſe. Cl. Crawford enim compertus eſt, animali in vas aqua circumdatum, et ab aëre externo per lanuginem molliſſimam defenſum, incluſo, centum menſuras, quarum ſingulae unciam unam continebant, reſpiratione ejus, vel cerae aut carbonis combuſtione, mutatas,

* Crawford on animal heat.

† Memoire ſur la Chaleur lu a l'Acadamie Royale des Sciences, le 28 Juin, 1783.

tas, quantitates caloris, quae ſubſequuntur, libris 31 unciiſque 7 aquae impertiiſſe *.

		Gradus.
100 menſurae aëris vitalis mutati,	combuſtione cerae, edebant	21.
	———— carbonis	19.3
	reſpiratione porci Guineenſis	17.3 †

Cum vero gradus unuſquiſque thermometri Craufordiani uni decimae parti tantum gradus Fahrenheiteani reſponderit, evidentiſſimum eſt, ſi menſurae mille, quarum ſingulae unciam comprehenderent, combuſtione cerae et reſpiratione porci Guineenſis mutatae fuiſſent, diſcrimen inter quantitates caloris, libris 31 unciiſque aquae 7 impertitas, 3.7 gradus Fahrenheiteanos; idem inter quantitates per combuſtionem carbonis, et reſpirationem porci Guineenſis impertitas, 2° Fahrenheiteanos tantum exaequaturum fuiſſe, vel calorem

* Quod pondus et hic et alibi, per totam hanc diſſertationem, adhibui, id vernacule *Troy weight* appellatur.

† On animal heat, p. 351.

calorem duobus gradibus minorem a porco Guineensi cum aqua fuisse communicatum.

A ferie vero periculorum a viris claris Lavoisier et De la Place * factorum, apparet, calorem, quem respiratio porci Guineensis fuerit impertita, cum quantitates aëris puri aequales mutabantur, eo a combustione carbonis generato, pro ratione 13 ad 10.3, majorem fuisse. Haec experimenta calorimetro †, unica ratione id faciendi accurata, repetere, in praesentia non opis esse nostrae, summo dolori est. Cum vero auctores commentarii quantitatem caloris, quae a porco Guineensi communicari fuerit dicta, veram aliquantum superare posuerint, cum exitus experimentorum ipsorum consimilis, immo fere idem sit, nos gradum medium pro regula, quoniam discrimen a dissimilitudine apparatus forsitan fuit profectum, sumere, et hoc pro re vera comperta et stabilita tuto recipere posse existimamus; quantitates

* Memoire sur la chaleur, lu 1783.

* Instrumento, quod calorem ope glacie metitur, et in Elemens de Chemie describitur.

quantitates caloris propemodum aequales progenerari, cum quantitates aëris vitalis aequales mutantur, five refpiratio five combuftio carbonis hoc praeftiterit.

Cum quantitas caloris generata, cum quantitas aëris fixi data carbonis exuftione fuit producta, nuper a Lavoifier accuratiffime demonftrata fuerit *; et cum quantitas aeris vulgo refpirata, ut fupra, comperta fit, quantitatem caloris in pulmonibus hominis, tempore quolibet dato, progenitam ftatui poffe evidens et manifeftum eft, fi quantitas aëris fixi in aëre, qui femel fuit refpiratus, accurate detegi poffit. Hoc comperiendi caufa experimenta fequentia fuerunt inftituta.

EXPERIMENT. I.

Quantitas aëris, qui tantum femel fuerat refpiratus, ope tubi longi inflexi *a b c*, fig. 5. delineati, obftaculo *d* inftructi, ex allantoide *E*, in ampullam *F G*, donec ex toto fuit repleta, emiffa

* Elements of Chemiftry, p. 101.

emiſſa fuit. Quo vero nulla aëris fixi pars ab aqua abſorberetur, quantitas olei prius, quam aër intromiſſus, in ampullam fuit infuſa. Ampulla deinde a vaſe *A C* fuit remota, et in pelve alkali cauſtico impleta, ut, per ampullam exiguam *A* [illegible], fig. 6 repraeſentatur, inverſa fuit, dum eodem tempore ad barometrum attendebatur, et calor aëris in ampulla comperiebatur, quod per thermometrum accuratum, obſtaculo *L*, ut in fig. 7. depingitur, appenſum, fiebat. Aer in ampulla agitatus, et alkali cauſticum contingens manere permiſſus eſt, donec aër fixus ex toto abſorbebatur. Deinde ad vas *A C*, fig. 5, reducta fuit, et in aquam demerſa eſt, donec alkali cauſticum in ampulla, et aqua in vaſe eandem altitudinem tenerent. Tunc obſtaculo ampullae, ſubter aquam, firmiter infixo, vel manu oſtio ejus arcte applicata, ſubito erecta fuit, quantitatem alkali cauſtici continens, quae, accurate menſurata, quantitatem aëris fixi abſorpti dabat, emendationibus interea, ob aſcenſum et deſcenſum mercurii

curii in barometro, et temperiei aëris in ampulla diſcrimen, factis.

Ita ea, quae ampulla continebantur, 2038.5 dig. cub. aequabant; temperies aeris ampullae repletae = 59° thermometri Fahrenheiteani, barometri 29.87. dig.; temperies aëris, poſtquam biduum alkali cauſticum contingens manſerat, = 57.5°; altitudo mercurii in barometro = 29.37 digit.; alkali cauſticum in ampulla repertum libras 5, uncias $9\frac{1}{5}$, = 131.2713 dig. cub. conficiebat. Caeterum neceſſe eſt, ut, ob aſcenſionem barometri, huic quantitati 20.9 digitos cubicos demas; et 6.471 dig. cub., quod aër in ampulla, ſub finem experimenti, 1.5° thermometri Fahrenheiteani frigidior redditus eſt.

Namque, ut moles fluidorum elaſticorum ponderibus ſuperincumbentibus, pro ratione inverſa, reſpondent, 29.37 : 29.07 : : 2038.5 : x = 2017.6; et 2038.5—2017.6 = 20.9.

Et, cum aër atmoſphaericus per $\frac{1}{471.5}$ ſuae molis, aut circiter, expandatur, pro unoquoque thermometri

F

mometri Fahrenheiteani gradu *; $\frac{2038.5}{471.5} \times 1.5^{\circ}$ $= 6.471$.

Ita $131.2713 - 20.9 - 6.471 = 103.9$, qui numerum digitorum cubicorum aëris fixi in 2038.5 digitis aëris, qui ſemel fuerat reſpiratus, comprehenſi adaequabant; quantitas $\frac{1}{19}$ totius minor; etenim $\frac{2038.5}{103.9} =$ - - 19.6.

Ne ulla vero aëris fixi pars ab aqua abſorpta fuiſſet, oleum pro aqua ex toto fuit adhibitum.

EXPERIMENT. II.

Utriculus *A*, fig. 6, 179.812 digitos cubicos continens, aëre ſemel reſpirato, per oleum ſolum, eodem tempore, fuit repletus.

Thermometrum et barometrum, ad initium finemque experimenti, ſemet eodem modo, quo in experimento ſuperiore, habebant. Alkali cauſticum, poſt biduum, in utriculo repertum $= 6\frac{1}{20}$ uncias, pro menſura, $= 11.451$ digit. cub.

Sed

* Lavoiſier's Elements of Chemiſtry, p. 337.

Sed $29.37 : 29.07 :: 179.812 : x = 177.973$. Et $179.812 - 177.973 = 1.839$; et $\frac{179.812}{472.5} \times 1.5^{\circ} = 0,5707$.

Ita $11.451 - 1.839 - 0,5707 = 9.042$ = veram quantitatem aëris fixi in 179.8 dig. cub. contenti, quae quantitatem in primo experimento repertam fere adaequat; namque $\frac{179.812}{9.042} = 19.8$.

Hoc experimento eandem per ampullam repetito, tres unciae et una drachma tantum cremoris calcis, pro menſura, in ea fuerunt repertae, $= 5.9148$ dig. cub. Cum vero mercurius in barometro, per id ſpatium, $\frac{6}{10}$ digiti deſcendiſſet, 3.817 dig. cub. ei quantitati adjiciantur oportet. Et cum aër in utriculo, ad finem, quam ad initium experimenti, $\frac{8}{10}$ gradus frigidior fuerit repertus, 0.3044 partes digiti ſunt ſubtrahendae.

Etenim $29.2 : 29.82 :: 179.812 : x = 183.629$.; et $183.629 - 179.812 = 3.817$.; et $\frac{179.8}{472.5} \times 0.8 = 0.3044$.

Ita $5.9148 + 3.817 - 0.3044 = 9.427$.

Et $\frac{179.812}{9.427} =$ - - - 19.07.

Haec experimenta, et per amplam et per exiguam

guam ampullam, frequenter fuerunt reiterata, et, dum ſtatus barometri et thermometri diligenter attendebatur, variatio maxima 20.1 nunquam minor fuit. Ita, medio horum numero ſumpto, habemus - - - 19.6.

Experimenta quoque inſtituta ſunt, quo quantitas aëris fixi in aëre conclavis, ubi haec pericula facta ſunt, comprehenſi reperiretur; ſed compertum eſt, quantitatem in 2038.5 dig. cub. contentam adeo exiguam eſſe, ut vix percipi poſſet. Si vero aliquantum, ob eam, demas, tuto concludi poteſt, $\frac{1}{20}$ vel $\frac{5}{100}$ partes aëris, qui ſemel fuit reſpiratus, ex aëre fixo conſtare.

S E C T. IV.

Ita, ſi quantitas aëris atmoſphaerici vulgo inſpirati digitos cubicos 40 exaequet, et numerus reſpirationum ſingulis minutis 18 expleat, digiti cubici 720 unoquoque minuto inſpirabuntur; cujus quantitatis $\frac{27}{100}$ vel 194.4 digiti cubici tan-

tum

tum ex aëre vitali, talive, qualis per respirationem mutari potest, consistent. Caeterum $\frac{5}{100}$ partes tantum aëris atmosphaerici singulis respirationibus mutantur. Hinc 36 digiti cubici aëris fixi in pulmonibus hominis ordinarii unoquoque minuto generantur, vel digiti cubici 51840 quotidie; quantitas aëris 22865.5 granis pondere* aequalis, vel libras 3.9697 conficiens. Et cum vir clarus Lavoisier accuratissime statuerit, quantitatem caloris, pro singulis aëris fixi combustione carbonis progenerati libris, expediri, quae 27.02024 libras glaciei liquefaceret; cumque quantitas caloris fere aequalis, aëre per respirationem mutato, et carbonis combustione, progeneretur, quantitas aëris in pulmonibus hominis singulis diebus mutata, tantum caloris, quantum 107.2 glaciei libras liquaret, edet. Namque $27.02024 \times 3.9697 = 107.2622$.

Cum vero pars hujusce caloris per aëra expiratum, sub forma caloris sensibus percipiendi, avehatur, et pars ejusdem in formatione vaporis aquei

* Viz. eo, quod, ut supra, *Troy weight* vocatur.

aquei evanefcat, vel latens reddatur, hae modò fequente aeftimari poffunt.

Cum digitus aëris atmofphaerici cubicus * 0.32112 grani partes pondere compleat, 40 digiti cubici, 12.8448 grana ponderabunt. Partibus vero $\frac{5}{100}$ horum in aëra fixum converfis, poft expirationem, fi, abfque humiditate fint, 13.04274 grana pondere abfolvent, vel 0.19794 grani fibi adipifcentur. Hinc aër, per minutum expiratus, 234.7693 grani aequalis eft, vel per fpatium totius diei expiratus 338067.82 grana, vel 58.692 libras conficiet. Si aër autem hujufcemodi, caloris fere aeque, ac aqua, capax effe ponatur †, fequitur, eandem caloris quantitatem, quae 58.69 aquae libras quemlibet graduum numerum afcendere cogeret, aëra e pulmonibus hominis fingulis diebus emiffum non minus alte effe levaturam. Cum vero quantitas caloris ad 58.69 libras aquae, a puncto congelationis, ad calorem humanum, vel gradus thermometri Fahrenheiteani

* Lavoifier's Elements of Chemiftry.

† Minus capacem effe ponit Craufordius.

teani 66°, tollendas neceſſaria eam exaequet, quae libras glaciei 27.6692 diſſolveret; etenim, quoniam 140 gradus caloris in formatione uniuſcujuſque aquae librae latentes evadunt, $\frac{58.69 \times 66°}{140}$ = 27.6692.

Ita eadem caloris quantitas, gelu vigente, per aëra e pulmonibus hominis quotidie, ſub forma caloris ſenſilis, evacuabitur.

Inventum vero caloris latentis, quod ſummi quidem momenti eſt, quantitatem caloris mirabilem in formatione vaporis aquei, temperie ejus non adaucta, abſorberi oſtendit. Et ab experimentis Cl. Watt apparet, calorem hoc modo abſorptum latentemve redditum, ad temperiem ſubſtantiae, quae in vaporem converti non poteſt, quaeque ejuſdem ponderis et capacitatis, ac aqua, eſt, gradibus 960 augendam eſſe ſuffecturum.

Amplam allantoidem, ſupra dicta machina inſtructam, et aëre omnino vacuam, accurate ponderavi; deinde, ore machinae admoto, allantoidem aëre expirato replevi. Haec, per aliquod tempus, refrigerari permiſſa, et denuo accurate ponderata, grana duo ſingulis minutis, per quae in

illam

illam inſpiratum eſt, ſibi comparaviſſe comperta eſt; cui cum experimento Doctoris Hales magna ex parte convenit, qui, cum per ſepta tranſverſa humida ſpiraſſet, ea ſex grana tribus minutis ſibi acquiſiviſſe invenit *. Quanquam in experimento poſteriore, in quo per cineres ligneos combuſtos fuit ſpiratum, qui aëra fixum a pulmonibus aeque, ac madorem, abſorberent, humiditatem ablatam multo majorem eſſe concludit †. Ita ſi duo vaporis aquei grana ſingulis minutis, eo, quod propter p nderis aëra vitalem inter et fixum diſcrimen ſubtrahi debet, neglectui habito, avehi concedas, 6 unciae quotidie auferentur, quae 0.5 librae adaequant. Si vero temperies corporis, evaporationi non obnoxii, 0.5 librae ponderantis, capacitate eadem, ac aqua, 960 gradibus augeatur; hic calor quantitatem glaciei =3.42854 librarum liquaret. Namque $\frac{960 \times 0.5}{140} = 3.4285$. Quoniam autem Doctor Crawford

* Veget. ſtatic. vol. 1ſt, p. 268.

† Haemaſtat. p. 324.

ford calorem vaporis aquei comparativum esse 1.55 efficit, quantitas caloris auferetur, quae plus glaciei una libra et 0.8856 partibus centesimis liquabit, quam si capacitas ejus eadem, ac aquae, fuisset, vel calor universus, qui in aquei vaporis in pulmonibus formatione quotidie consumitur, eum, qui 5.3141 glaciei libras dissolveret, exaequat. Ita calor omnis, qui e pulmonibus, sub forma caloris sensilis aqueique vaporis, quotidie evolat, 32.9833 glaciei libras dissolveret. Namque 27.6692+5.3141=32.9833.

Cum autem fuerit demonstratum, quantitatem caloris in pulmonibus, per mutationem aëri inspirato illatam, singulis diebus expeditam dissoluturam esse,

	107.2622	lib. glac.
Inde deducas	32.9833	
Restabunt	74.2789	

librarum, quae calore, qui quotidie a pulmonibus hominis per sanguinem abducitur, liquarentur. Sanguis autem calorem protinus absorbeat necesse est, quod actioni ejus in pulmonibus

per ſuperficiem aliquot pedum quadratorum centurias patentem objicitur*, et ad eum in corpus univerſum diffundendum mirum in modum accommodatur.

Gradus vero, ad quem uſque calefit ſanguis, dum per pulmones tranſit, modo quoque ſequente aeſtimari poteſt. Etenim, cum quantitas ſanguinis, qui per pulmones hominis, ſingulis minutis, diffunditur, ſi cor unciam dimidiamque unaquaque ſyſtole ejicere ponas, pro octo libris poſſit haberi, et ſi ſanguis aeque caloris, ac aqua, capax foret, evidens eſt eam caloris quantitatem, quae, ut octo aquae librae quemlibet graduum numerum aſcenderent, faceret, ſanguinem quoque totidem eſſe ſublaturam. Quoniam autem calor univerſus, a ſanguine in dies abductus, ad 74.27 libras glaciei liquefaciendas ſufficere demonſtratus eſt; quantitas, ſingulis minutis ablata, 0.05158 librae glaciei ſolummodo fundet. Inſuper quoniam 140 caloris gradus ad unam glaciei

* Hales's Statical Eſſays, vol. 1. p. 239. Celeb. Monro praelect.

glaciei liquandam neceſſarii ſunt, vel latentes evadunt, 1 : 140 : : 0.05158 : x=7,22°, vel quantitas caloris, quae .05158 librae glaciei fundendis par eſt, temperiem unius aquae librae per 7.22°, vel octo libras per 0.90265 gradus thermometri Fahrenheiteani elevaret. Ita calor in pulmonibus hominis, unoquoque minuto generatus, temperiem ſanguinis, qui per eos tranſit, eo temporis ſpatio per 0.90265 gradus, ſi ſanguis aequae caloris, ac aqua, capax foret, tollere debet.

Cum autem Doctor Crawford calorem ſanguinis venoſi comparativum eandem ad aquam rationem, quam 0.8928 ad unum, habere concludat, manifeſtum eſt eam caloris quantitatem, quae ſanguinem venoſum unum gradum tollit, quantitatem aquae aequalem 0.8928 gradus tantum eſſe aucturam, vel temperiem eorundem pro capacitatibus inverſum iri.

Ita quantitas caloris, quae octo aquae libras 0,90265 gradus tolleret, quantitatem aequalem ſanguinis venoſi 1.01103° tollet; namque 0.8928 : 1.0000 : : 0.90265 : $\frac{.90265 \times 1}{0.8928}$=1.01103.

Et

Et cum capacitatem caloris ſanguinis venoſi, mutatione ſanguinis venoſi in arterióſum, augeri ponat, pro ratione, 0.8928 ad 1.03; ſi ſanguis venoſus calore in pulmonibus expedito 1.01103 gradus levetur, ſequitur ſanguinem arterioſum 0,8763 tantum ſublatum iri: Etenim ut 1.03 : 0.8928 :: 1.01103 : x=0.8763.

Ita 0.13468 partes gradus thermometri Fahrenheiteani, quantitatem caloris, quae latens evadit, aequant, quanquam ſanguinis caloris capacitas pro ea ratione augetur; namque 1.01103—0.87635=0.13468.

Igitur ſanguis, dum per pulmones tranſit, 1.01103, vel ſupra unum caloris gradum thermometri Fahrenheiteani, ſibi adipiſcitur, et, quantum ad temperiem attinet, 0.8763 gradus augetur. Unde ſequitur, ſanguinem in latere cordis ſiniſtro, quam in dextro, ſupra $\frac{8}{10}$ gradus, calidiorem eſſe oportere. Hoc autem experimento Hunteriano, in cane facto, quod verbis ſuis referemus, firmari videtur.

"The

"The ball of the thermometer being intro-
"duced two inches within the rectum, the
"quickſilver roſe to 100° and a half exactly.
"The cheſt of the dog was then opened, and a
"wound made into the right ventricle of the
"heart, and immediately, on the ball being in-
"troduced, the quickſilver roſe to 101° exactly.
"A wound was next made ſome way into the
"ſubſtance of the liver; and, the ball being in-
"troduced, the quickſilver roſe to 100° and
"three quarters. It was next introduced into
"the cavity of the ſtomach, where it ſtood at
"101°. All theſe experiments were made with-
"in a few minutes*."

SECT. V.

Ita oſtenſum fuit, calorem animalem non tantum in pulmonibus progigni, ſed quantitatem ejus ita generati modo, qui ab ulla theoria naturam caloris ipſius ſpectante, ab ullis experimentis

tis

* Animal Oeconomy, p. 102.

tis discrimen calorum aëris vitalis et fixi comparativorum statuentibus, vel ab infimo caloris gradu, qui existere potest, comperto minime pendet, aestimari posse. Haec autem veritate duarum propositionum, quae illustrationem et confirmationem plenissimam ab experimentis recipere valent, innituntur.

1. Quantitates caloris, propemodum aequales, progigni, cum quantitates aëris vitalis, in aëra fixum, sive combustione carbonis, sive respiratione aequales mutantur.

2. Quantitatem aëris fixi in pulmonibus, quolibet dato tempore, progenerati e proportione aëris fixi in aëre, qui semel fuit respiratus, cognita, et e quantitate per inspirationem ordinariam inhalata, facile prompteque posse comperiri.

Si quantitas vero aëris vulgo inspirati eam tantum, quae a Doctore Goodwyn fuerit statuta, aequasset, manifestum est, quantitatem aëris, in pulmonibus mutati, tam exiguam esse oportuisse, ut calorem animalem ab eo fonte proficisci ponere non potuissemus. Et doctrinae Craufordianae non pauca revera fuerunt objecta, et ob

experimenta

experimenta Doctoris Goodwyn, et ob quaedam a viro claro De La Metherie inſtituta *, qui quantitatem aëris vulgo inſpiratam 8 decemve digitos cubicos adaequare aeſtimavit, et igitur non amplius ½ digiti cubici aëris fixi progigni poſſe †.

Cum vero De La Metherie unam reſpirationem tantum menſus fuerit, idque ſine multa cura, ut ſupra comprehenſa teſtantur, ut huic diutius immoremur non opus eſt. Caeterum, e computationibus experimentiſque ſupra enarratis concludamus neceſſe eſt, quantitatem caloris in pulmonibus generati, quae jacturam ejus, quae continuo fit, quaeque nonnullis in animalibus admodum magna eſt, abunde penſare valet. Igitur non admirari non poſſumus illam Auctoris Naturae ſapientiam infinitam, conſiliumque divinum, quae nobis in pulmonibus calorem ex eo ipſo elemento ſufficiunt, quod eum ab omni alia corporis parte, ad quam adſpirat, conſtanter abducit. Quinetiam ſummo ſtupore

* Memoire ſur la Chaleur by Mr. Berlinghieri.

† Eſſai analytique ſur diferens airs, p. 287.

ſtupore non affici non poſſumus, ſi rationem, qua calor in corpus univerſum per circuitum ſanguinis mirifice diffundatur, attente contemplemur. Hinc clare diſcere poſſumus, quanti momenti in ſubmerſis ad vitam reducendis pulmones inflare ſit; ſive actio aëris in pulmonibus gradum caloris idoneum partibus vitalibus reſtituendi via efficaciſſima ſit, ſive aliquo alio modo vicem ſtimuli cordi praeſtet; cujus motus forſitan, ob gradum caloris conſuetum ſubtractum, magna ex parte, ceſſarunt. Hoc probabile reddunt non tantum hoc, quod ſupra fuit demonſtratum, ſanguinem in pulmonibus, et igitur in latere cordis ſiniſtro, quam in aliis corporis partibus, revera calidiorem eſſe; ſed etiam experimentum pulcherrimum a viro docto et ingenioſo hujuſce urbis Doctore Gardiner inſtitutum, quod verbis ſuis referemus. "Some years ago I cut out the " heart and part of the large veſſels of a turtle, " with a view to examine the ſtructure of theſe " parts, and the circulation of the blood in that " animal. Having wiped off the blood and o-

" ther

" ther moiſture, the heart was wrapped up in a " handkerchief; but engaments in the way of " my profeſſion obliged me to poſtpone my cu- " rioſity till about ſix or ſeven hours after it was " cut out. When I examined it, there appeared " not the leaſt ſigns of life. It was much ſhri- " velled and dried. But, upon putting it in wa- " ter nearly milk warm, it plumped up, and " ſome of its parts acquired a tremulous motion. " Laying it on the table, and pricking it with " a large needle, it palpitated ſeveral times. " The palpitation renewed, as often as the nee- " dle was puſhed into its ſubſtance, until it be- " came cold, when it ſeemed to be inſenſible to " every ſtimulus. But after warming it again " in the water, it recovered its irritability, and " repeated its palpitations, on the application " of the needle. Though no movement could " be excited in it by any ſtimulus when cold, " yet it moved ſeveral times after being mace- " rated in warm water. This evidently ſhews " the neceſſity of heat and moiſture for the main-

" taining the full powers of the living principle*.

Cum in ſanguinem ex toto frigidum, et e corpore exemptum, ab aëre agi poſſit, probabile eſt, calorem quoque, ab actione aëris in pulmones etiam longum in tempus ſubmerſorum, poſſe progigni.

Cum, in exemplis quibuſdam, homines, qui per ſpatium admodum breve tantum fuerunt ſubmerſi, vel aëri fixo et foedo objecti, licet omnia conamina, quo ſervarentur, pulmones modo communi inflando, fuerint facta, non convaluerint; cumque mortem eorum quantitati vel aquae vel aëris foedi perquam exiguae, quae ſemet in veſiculas pulmonum intimas inſinuavit, quaeque via communi non extrahi poteſt, et ne aër purus in ſanguinem agat omnino obſtat, deberi probabile eſſe videatur; nonne, in exemplis tam deploratis, unum pulmonum latus ex toto collabi, aëre atmoſphaerico in thoracem per puncturam irruere permiſſo, ſinere conveniret? Namque hoc modo aër pravus vel aqua, poſt inflationes pauculas, expelleretur, et aër purus et recens

* Animal Oeconomy, p. 46.

recens veficulis pulmonum intimis applicaretur. Infuper evidens eft, nihil jacturae in exemplis hujufcemodi fieri poffe, et parum periculi, fi ratio votis refpondeat, ab aëre pulmones inter et pleuram coftalem admiffo, fi rurfus accurate fuerit expulfus, ut cafus varii et empyematis exempla oftendunt, effe timendum. Caeterum conjecturae, ubi ad veritatem per experimenta poteft perveniri, non debemus indulgere. Et cum, per totum hocce tentamen, omne theoriae et conjecturae genus diligenter vitaverimus, hanc, nifi fummam utilitatis fpeciem prae fefe ferret, in medium non protuliffemus. Corollaria alia varia a computationibus fupra traditis poffent deduci, qualia funt caloris corporei, exercitatione omnibufque actionem cordis arteriarumque augentibus, et ut majorem fanguinis calidi, dato tempore, quantitatem diffundant facientibus, adaucti explicatio, et compluria alia refpirationem fpectantia. Cum vero limites opufculis hujufcemodi praefcriptos jam transgreffi fuerimus, differtationem ad finem mox perducamus neceffe eft.

F I N I S.

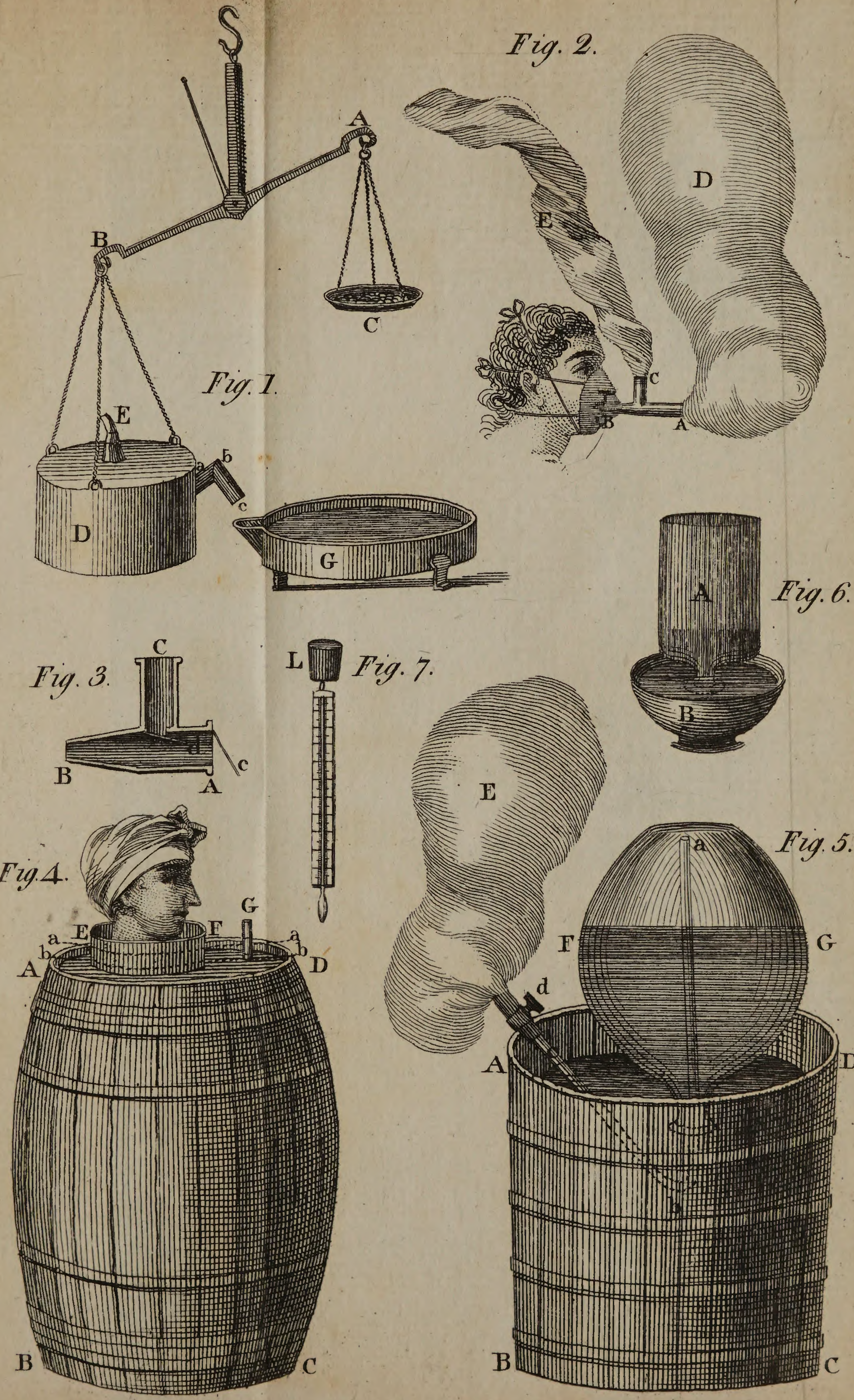


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.